

文章编号: 1674-7054(2016)01-0030-06

藻场海水氮磷含量对琼枝氮磷吸收的影响

李洋^{1,2}, 段泽林³, 黄勃², 黄霞², 李俊², 詹绍芬², 王雅丽², 于淑楠²

(1. 海南省海洋监测预报中心, 海口 570101; 2. 海南大学 海洋学院, 海口 570228; 3. 华东师范大学 生命科学院, 上海 200241)

摘要: 通过测定不同海区海水的无机氮、无机磷含量和琼枝体内的氮磷含量, 利用 SPSS19 统计软件, 研究了藻场海水氮磷含量对琼枝氮磷吸收的影响。结果表明: 藻场海水氮含量与琼枝氮含量呈正相关, 其回归方程为: $y = 0.0533x - 0.003$, $R^2 = 0.9225$, $P < 0.05$; 藻场海水磷含量与琼枝磷含量呈显著正相关, 其回归方程为: $y = 2.9663x + 0.0229$, $R^2 = 0.8462$, 且 $P < 0.05$ 。设计不同无机氮、无机磷浓度梯度的海水培养琼枝, 进一步研究琼枝对无机氮、磷的吸收率的变化。结果表明, 琼枝对无机氮的吸收速率随着氮浓度的升高而增大, 但无机氮浓度在大于 $40 \mu\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 时, 随着无机氮浓度的增加, 琼枝对海水中的无机氮吸收率反而下降。琼枝对无机磷酸盐的吸收随着磷离子浓度的升高而增大, 当浓度达到 $1.5 \mu\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 时, 增大趋势变得平缓。琼枝对海水内的无机氮离子具有选择性吸收的特点, 在相同的浓度下, 琼枝优先吸收 $\text{NH}_4 - \text{N}$, 其次是 $\text{NO}_3 - \text{N}$ 和 $\text{NO}_2 - \text{N}$ 。通过测定海南海域琼枝体内氮磷质量分数, 研究了琼枝对海水氮磷去除能力。结果表明, 藻场中每 1 000 t 琼枝可去除 15.33 t 氮, 73.33 t 磷。

关键词: 琼枝; 富营养化; 氮; 磷; 吸收率

中图分类号: S 917.3

文献标志码: A

DOI: 10.15886/j.cnki.rdsxb.2016.01.005

琼枝(*Betaphycus gelatinum*) 属于红藻门(Rhodophyta) 杉藻目(Gigartinales) 红翎菜科(Solieriaceae), 琼枝藻属(*Betaphycus*)。其外形为不规则的羽枝, 分枝可对生, 互生, 向四面伸展, 表面多现紫红色或黄绿等色, 腹面大部分为紫红色, 是重要的热带经济麒麟菜红藻, 是形成麒麟菜藻场的优势种, 具有食用和药用功能。麒麟菜藻场具有高的固碳、固氮能力, 是海洋高生产力海域之一, 也是许多海洋经济动物的索饵、产卵以及躲避敌害的优良场所。藻场可以增加渔业资源, 对渔业资源的恢复、补充具有重要的价值^[1-3]。麒麟菜藻场可净化水环境, 减少海区富营养化的发生, 还可消浪减灾, 保护堤坝, 具有重要的社会效益^[4-14]。琼枝熬胶食用, 具有清肺化痰、解毒等功效, 也是生产 β -卡拉胶的重要热带经济红藻, 一直是重要的热带大型经济种类。大型海藻对水质具有净化作用, 特别是对于水体内氮磷的去除有显著作用, 如江蓠、紫菜、海带和浒苔^[15]。麒麟菜类的大型藻类对氮磷的去除也有相关报道, 如长心卡帕藻和异枝麒麟菜对海水中无机氮和磷酸盐均具有去除作用^[16-17]。据报道, 大型海藻对海水中的 N、P 有很好的去除作用, 如江蓠、紫菜、海带和浒苔等^[18-19]。琼枝对氮磷去除以及琼枝对氮磷的吸收与藻场氮磷含量关系尚未见报道。笔者研究了海水中的无机氮无机磷与琼枝体内氮磷含量及其吸收率之间的联系和琼枝对海水氮磷去除能力, 探寻琼枝去除海水中 N、P 的生态价值, 为修复麒麟菜藻场提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 材料采集 琼枝选自 2014 年 9 月海南 3 个不同海区, 分别为海南昌江海域琼枝养殖区、琼海麒麟菜自

收稿日期: 2015-05-04

基金项目: 国家海洋公益行业科研专项(201105008-7); 国家“863”计划项目(2012AA10A412-8); 海南大学中西部计划学科重点领域建设项目(XBJH-XK006); 国家科技支撑计划项目(2009BADB2B0404-02); 国家中医药行业科研专项(201207002-03)

作者简介: 李洋(1989-), 男, 硕士, 海南省海洋监测预报中心, E-mail: 441717831@qq.com

通信作者: 黄勃(1965-), 男, 教授, 研究方向: 海洋生物, E-mail: huangbohb1@163.com

然保护区和文昌海域麒麟菜自然保护区。在这 3 个地点分别于垂直海岸线方向选取 2 个采样剖面,每个剖面设置 3 个样点,采样点编号分别为Ⅰ-1 Ⅰ-2 Ⅰ-3 Ⅱ-1 Ⅱ-2 Ⅱ-3。在每个采样点选择生长良好的琼枝,采集 5 份琼枝样品于样品袋中,并尽快放入液氮中冷冻保存。同时,在每个采样点采集 2 份海水样品,放入离心管中,并迅速放入冰盒中保存。共计每个藻场采样 6 个点,30 个琼枝样,12 份水样。

1.2 琼枝体内氮、磷含量的测定 用烘箱将琼枝样品体内水分完全烘干,采用 $\text{H}_2\text{SO}_4-\text{H}_2\text{O}_2$ 消煮法对 0.2 g 琼枝干样进行预处理,将琼枝样品定容于 100 mL 容量瓶中。用氮磷联合消化法绘制出标准曲线,并用分光光度计分别对琼枝样品的氮、磷进行测定^[20-22]。

1.3 海水环境中氮、磷含量的测定 用碱性过硫酸钾消解分光光度法测得水中的总氮,用钼酸铵分光光度法测得水中的总磷。

1.4 琼枝的实验室培养 分别配置 8 份不同浓度梯度的 NH_4Cl 、 KNO_3 、 NaNO_2 、 KH_2PO_4 营养盐培养液。其浓度梯度为 5、10、15、20、25、30、35、40 $\mu\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$,培养液的体积为 20 L,实验用海水为自然海水,盐度为 35‰,pH 为 8.2, $\text{NH}_4\text{-N}$ 为 2.03 $\mu\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$, $\text{NO}_3\text{-N}$ 为 2.21 $\mu\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$, $\text{NO}_2\text{-N}$ 为 0.17 $\mu\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$, $\text{PO}_4\text{-P}$ 为 0.28 $\mu\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$ 。上午 8:00,在室外将称取的琼枝分别放入上述配制好的培养液中,对照组不加琼枝,5 h 后计算各项营养盐的吸收率。上述实验重复 3 次,取其平均值。

无机氮吸收速率的计算公式为: $V = (C_1 - C_2) \times S \times t^{-1} \times W^{-1}$

式中: V 为无机盐吸收速率; C_1 为处理组营养盐培养液中吸收前无机盐含量; C_2 为处理组营养盐培养液吸收后无机盐含量; S 为培养液体积; t 为实验持续时间; W 为实验用琼枝的鲜质量。

2 结果与分析

2.1 藻场海水 N、P 变化对琼枝体内 N、P 含量的影响 对昌江海域、琼海海域和文昌海域 3 个琼枝采样区各个采样剖面的海水及琼枝样品的 N、P 检测分析结果见表 1-2。利用 SPSS 软件分别对不同区域海水的无机氮、无机磷含量和琼枝样品氮、磷进行单因素方差分析,结果均为 $P < 0.01$,表明 3 个养殖区域的琼枝总氮、总磷和琼枝样品所含氮、磷都具有显著性差异。

表 1 昌江海域、琼海海域和文昌海域 3 个琼枝采样区各剖面琼枝样品 N、P 质量分数
Tab. 1 The total N and P content of *Betaphycus gelatinum* in the sea of Changjiang, Qionghai and Wenchang, Hainan

采样点编号 Sampling site	琼枝 N 质量分数/% Total N content of <i>B. gelatinum</i>			琼枝 P 质量分数/% Total P content of <i>B. gelatinum</i>		
	昌江 Changjiang	琼海 Qionghai	文昌 Wenchang	昌江 Changjiang	琼海 Qionghai	文昌 Wenchang
Ⅰ-1	0.009 ± 0.001	0.012 ± 0.004	0.017 ± 0.003	0.069 ± 0.012	0.077 ± 0.017	0.072 ± 0.004
Ⅰ-2	0.011 ± 0.002	0.015 ± 0.004	0.019 ± 0.011	0.067 ± 0.015	0.077 ± 0.008	0.073 ± 0.011
Ⅰ-3	0.012 ± 0.007	0.016 ± 0.011	0.021 ± 0.008	0.065 ± 0.023	0.076 ± 0.007	0.076 ± 0.013
Ⅱ-1	0.011 ± 0.003	0.014 ± 0.009	0.018 ± 0.002	0.067 ± 0.009	0.078 ± 0.021	0.069 ± 0.007
Ⅱ-2	0.014 ± 0.012	0.015 ± 0.003	0.017 ± 0.002	0.066 ± 0.011	0.082 ± 0.011	0.073 ± 0.009
Ⅱ-3	0.015 ± 0.004	0.018 ± 0.008	0.024 ± 0.006	0.069 ± 0.013	0.081 ± 0.014	0.079 ± 0.011
平均值 Average	0.012 ± 0.005	0.015 ± 0.007	0.019 ± 0.005	0.067 ± 0.014	0.079 ± 0.013	0.074 ± 0.009

表2 昌江、琼海和文昌海域3个琼枝采样区各剖面海水N、P含量

Tab.2 The total N and P content of *Betaphycus gelatinum* in the sea of Changjiang , Qionghai and Wenchang

采样点编号 Sampling site	海水 N 含量/(mg · L ⁻¹) Seawater N content			海水 P 含量/(mg · L ⁻¹) Seawater P content		
	昌江 Changjiang	琼海 Qionghai	文昌 Wenchang	昌江 Changjiang	琼海 Qionghai	文昌 Wenchang
I - 1	0.222 ± 0.011	0.314 ± 0.019	0.394 ± 0.021	0.014 8 ± 0.001 1	0.018 8 ± 0.003 1	0.016 5 ± 0.001 9
I - 2	0.273 ± 0.026	0.365 ± 0.032	0.429 ± 0.017	0.015 1 ± 0.002 7	0.018 9 ± 0.002 2	0.016 6 ± 0.001 3
I - 3	0.282 ± 0.038	0.351 ± 0.018	0.457 ± 0.033	0.015 2 ± 0.001 8	0.018 7 ± 0.001 7	0.017 1 ± 0.002 1
II - 1	0.256 ± 0.046	0.343 ± 0.041	0.374 ± 0.032	0.015 3 ± 0.002 9	0.018 8 ± 0.002 3	0.016 2 ± 0.001 1
II - 2	0.288 ± 0.013	0.323 ± 0.025	0.383 ± 0.019	0.014 4 ± 0.002 1	0.019 1 ± 0.002 1	0.017 5 ± 0.001 2
II - 3	0.321 ± 0.021	0.376 ± 0.043	0.472 ± 0.018	0.015 5 ± 0.003 1	0.019 2 ± 0.001 2	0.017 2 ± 0.001 6
平均值 Average	0.274 ± 0.026	0.345 ± 0.03	0.418 ± 0.023	0.015 1 ± 0.002 3	0.018 9 ± 0.002 1	0.016 9 ± 0.001 5

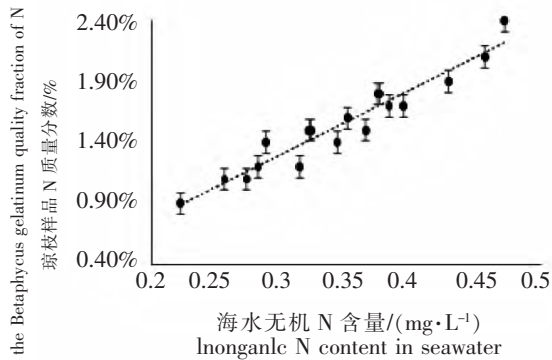


图1 海水无机 N 含量与琼枝样品 N 质量分数回归曲线
Fig.1 The regression curve of inorganic N content in seawater and in *Betaphycus gelatinum*

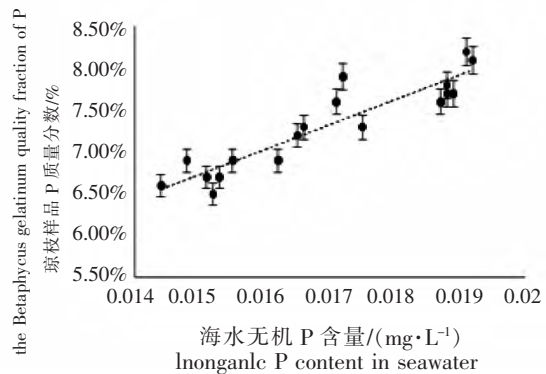


图2 海水无机 P 含量与琼枝样品 P 的质量分数回归曲线
Fig.2 The regression curve of inorganic P content in seawater and in *B. gelatinum*

对上述3个海区的样品进行回归分析。结果(图1-2)表明,海水无机氮含量与琼枝总氮含量回归方程为: $y = 0.0533x - 0.003$, $R^2 = 0.9225$,且 $P < 0.05$,具有显著相关性。琼枝体内氮含量在一定范围内随着海水无机氮浓度升高而升高;海水无机P含量与琼枝磷含量回归方程为: $y = 2.9663x + 0.0229$, $R^2 = 0.8462$,且 $P < 0.05$,具有显著相关性。琼枝体内磷含量在一定范围内随着海水无机磷浓度升高而升高。

2.2 实验条件下N、P含量变化对琼枝N、P吸收的影响 采用不同浓度梯度的培养液培养琼枝,结果(表3)表明,琼枝对 $\text{NH}_4\text{-N}$ 、 $\text{NO}_3\text{-N}$ 和 $\text{NO}_2\text{-N}$ 的吸收率均与培养液中无机氮的浓度成正比,而当无机氮浓度达到 $40\text{ }\mu\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$ 时琼枝对海水中的无机氮,即 $\text{NH}_4\text{-N}$ 、 $\text{NO}_3\text{-N}$ 和 $\text{NO}_2\text{-N}$ 的吸收率均显著下降,表明在一定浓度范围内,琼枝对无机氮的吸收速率与无机氮的浓度成正相关,但浓度达到一定限度后,琼枝无机氮反而抑制其对无机氮的吸收,使其对无机氮的吸收率下降。比较琼枝对不同无机氮的吸收速率(图3),表明琼枝对实验海水中的无机氮离子的吸收率具有差异性($P < 0.05$) ,在同一浓度下,琼枝优先吸 $\text{NH}_4\text{-N}$,其次是 $\text{NO}_3\text{-N}$ 和 $\text{NO}_2\text{-N}$ 。

在无机磷酸盐的实验组中,琼枝对无机磷酸盐的吸收也随着磷离子浓度的升高而增大,但当浓度达到 $1.5\text{ }\mu\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$ 时,增大趋势变得平缓(图4)。

2.3 琼枝对海水N、P的去除作用 对昌江、琼海和文昌麒麟菜藻场各30个琼枝样品体内的N、P含量进行统计分析,结果表明,3个藻场琼枝体内的N含量多少依次为:文昌、琼海、昌江,P含量多少依次为:琼海、文昌、昌江。3个麒麟菜藻场琼枝体内的N含量平均值为 $15.33\text{ mg}\cdot\text{g}^{-1}$,P含量平均值为 $73.33\text{ mg}\cdot\text{g}^{-1}$ (表4)。据此可以得出,每1000t琼枝可以固定海水中15.33t的氮和73.33t的磷。

表 3 琼枝在不同浓度的 N、P 条件下的吸收率

Tab.3 The absorption rate of <i>Betaphycus gelatinum</i> under different concentrations of N and P $\mu\text{mol}/(\text{g} \cdot \text{h})$					
营养盐浓度 Nutrient concentration /($\mu\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$)	$\text{NH}_4\text{-N}$	$\text{NO}_3\text{-N}$	$\text{NO}_2\text{-N}$	营养盐浓度 Nutrient concentration /($\mu\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$)	$\text{PO}_4\text{-P}$
5	0.57 ± 0.18	0.51 ± 0.06	0.46 ± 0.03	0.25	0.021 ± 0.008
10	0.95 ± 0.17	0.70 ± 0.08	0.53 ± 0.10	0.5	0.035 ± 0.009
15	1.30 ± 0.01	0.80 ± 0.06	0.82 ± 0.09	0.75	0.070 ± 0.023
20	1.65 ± 0.09	1.11 ± 0.12	0.86 ± 0.08	1.0	0.063 ± 0.009
25	1.86 ± 0.06	1.46 ± 0.1	1.30 ± 0.05	1.25	0.079 ± 0.009
30	2.20 ± 0.08	2.04 ± 0.03	1.60 ± 0.09	1.5	0.089 ± 0.016
35	2.41 ± 0.02	2.18 ± 0.23	1.90 ± 0.14	1.75	0.091 ± 0.014
40	2.38 ± 0.1	2.16 ± 0.14	1.75 ± 0.09	2.0	0.092 ± 0.012

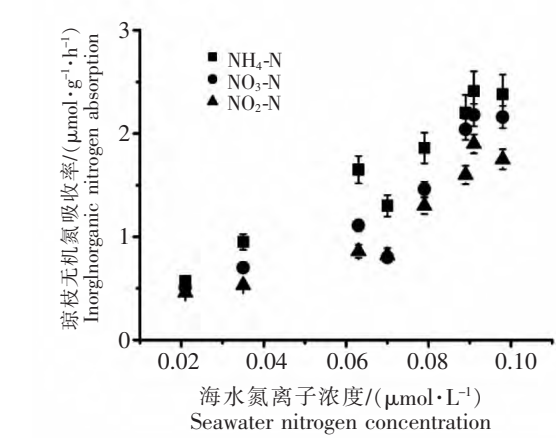


图 3 琼枝对不同无机氮离子的吸收率
Fig.3 The relationship between the absorption rate of *B. gelatinum* and the concentration of inorganic nitrogen

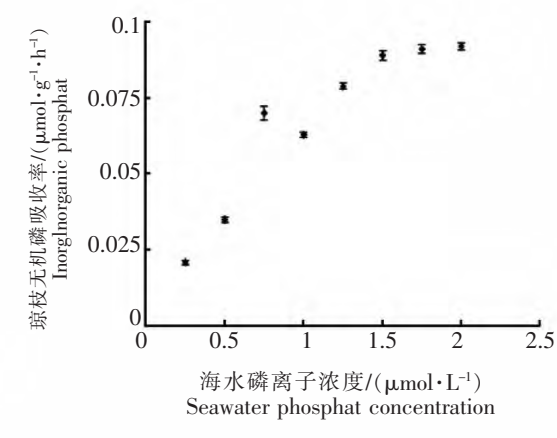


图 4 琼枝对无机磷酸盐吸收率
Fig.4 The relationship between the absorption rate of *B. gelatinum* and the concentration of inorganic phosphate

表 4 昌江海域、琼海海域和文昌海域 3 个琼枝采样区琼枝体内的 N、P 含量

Tab.4 The N and P content of <i>B. gelatinum</i> at three sampling plots each in the sea of Changjiang , Qionghai and Wenchang. $\text{mg} \cdot \text{g}^{-1}$				
无机盐 Nutrient	昌江琼枝 <i>B. gelatinum</i> in Changjiang	琼海琼枝 <i>B. gelatinum</i> in Qionghai	文昌琼枝 <i>B. gelatinum</i> in Wenchang	平均值 Mean
N	12 ± 1.1	15 ± 3.8	19 ± 2.5	15.33 ± 1.3
P	67 ± 5.7	79 ± 8.9	74 ± 4.2	73.33 ± 7.7

3 讨 论

在自然环境中,海水环境中的无机氮、无机磷含量与琼枝体内的氮磷含量呈现正相关趋势。在实验条件下,随着氮、磷浓度的升高,琼枝对氮、磷的吸收速率加快,这也验证了在第一部分实验中琼枝体内氮磷含量和海水环境中的无机氮磷含量呈正相关的结果。

在无机氮离子中,琼枝对氨氮的吸收率最高,过高浓度的无机氮对琼枝无机氮的吸收会有抑制作用。大型海藻只能利用水体中溶解态的营养盐,其生长主要受到 N、P 等营养元素的限制。海水中的无机氮主要以 $\text{NH}_4\text{-N}$ 、 $\text{NO}_3\text{-N}$ 和 $\text{NO}_2\text{-N}$ 等化合态的形式存在,其中 $\text{NH}_4\text{-N}$ 是还原态的无机氮, $\text{NO}_3\text{-N}$ 是含氮化合物的最终氧化产物, $\text{NO}_2\text{-N}$ 是中间氧化还原过程的中间产物,在微生物的作用下这 3 种不同的化合态氮可互相转化,当水体缺氧时,有利于 $\text{NO}_3\text{-N}$ 和 $\text{NO}_2\text{-N}$ 还原为 $\text{NH}_4\text{-N}$,琼枝对 $\text{NH}_4\text{-N}$ 优先吸收的作用,可使其成为一种理想的养殖海区富营养化调控藻种。据报道,按海藻组织中 N、P 的含量推算,每 1 000 t 江篱可除

去氮 50 ~ 60 t 磷 3 t; 每 1 000 t 紫菜可从海洋中除去氮 50 ~ 60 t 磷 10 t; 每 1 000 t 海带可除去氮 30 ~ 40 t 磷 3 t 每 1 000 t 浒苔可除去氮 45 t 磷 5.5 t。大型海藻对 N 的去除率大小依次是江蓠、紫菜、海带、浒苔。对磷的去除率大小依次是: 江蓠、紫菜、海带、浒苔。琼枝对 N 的去除作用低于这些大型海藻, 对 P 的去除作用高于这些大型海藻^[21-22]。

琼枝是海南的麒麟菜藻场的优势种。海南建有全国最大的麒麟菜自然保护区, 其中有文昌麒麟菜保护区 6 500 hm², 琼海麒麟菜保护区 2 500 hm²。海南海岸从南到北都有麒麟菜的分布, 但不集中, 天然藻场破坏严重。海藻场退化严重^[6]。近年来, 人类活动给海岸环境造成了巨大的压力, 引起近海水体富营养化的主要原因是近海水域中接纳了大量农业及生活废水和养殖废水, 导致海域中的氮、磷大幅度升高; 藻场的恢复有利于氮、磷的吸收, 降低水域中氮、磷含量。据报道栽培卡帕藻可降低海水富营养化, 净化水质, 防止赤潮发生^[3]。建议在海水营养盐比较丰富的海区养殖琼枝, 这样琼枝既可以吸收海水中的大量无机氮、无机磷等营养盐, 防止海区富营养化, 又可以提高琼枝产量, 获得更高的养殖经济效益。但由于过高浓度的无机氮对琼枝无机氮的吸收有抑制作用, 水体中氮浓度高于 40 $\mu\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 以上时琼枝对无机氮的吸收明显下降, 推测不适合琼枝的生长。因此, 养殖琼枝是发展绿色养殖的重要品种。

参考文献:

- [1] 刘思俭, 庄屏. 我国的麒麟菜栽培事业[J]. 湛江水产学院学报, 1984(1): 1-6.
- [2] 胡吟胜, 段泽林, 黄勃, 等. 琼枝野生群体与养殖群体的 EST-SSR 分析[J]. 水产学报, 2013, 37(9): 1313-1318.
- [3] 李俊, 邱勇, 黄勃, 等. 海洋环境因子对琼枝麒麟菜形态特征的影响[J]. 广东农业科学, 2013(13): 127-129.
- [4] 张钰, 王仁恩, 黄勃, 等. 麒麟菜养殖区海域浮游桡足类种类组成与多样性[J]. 安徽农业科学, 2012, 40(19): 10160-10162.
- [5] 刘建国, 路克国, 林伟, 等. 温度、氮浓度和氮磷比对长心卡帕藻(*Kappaphycus alvarezii*) 吸收氮速率的影响[J]. 海洋与湖沼, 2008, 39(5): 366-374.
- [6] 许忠能, 林小涛, 林继辉, 等. 营养盐因子对细基江蓠繁枝变种的氮、磷吸收速率的影响[J]. 生态学报, 2004, 22(3): 366-374.
- [7] Doty M S. Faming the red seaweed, *Eucheuma* for carrageenans[J]. *Mirinesica*, 1973, 9(1): 59-73.
- [8] 金送笛, 李永函, 倪彩虹. 范草(*Potamogeton crispus*) 对水中氮、磷的吸收及若干影响因素[J]. 生态学报, 1994, 14(2): 168-173.
- [9] 严国安, 谭智群. 藻类净化污水的研究及其进展[J]. 环境科学进展, 1995, 3(3): 45-54.
- [10] Flynn K J. Algal carbon nitrogen metabolism: A biochemical basis for modeling the interactions between nitrate and ammonium uptake[J]. *J. Plankton Res*, 1991, 13(2): 373-387.
- [11] 葛长宇. 大型海藻在海水养殖系统中的生物净化作用[J]. 渔业现代化, 2006, 21(4): 11-13.
- [12] 杨红生. 清洁生产: 海水养殖业持续发展的新模式[J]. 世界科技研究与发展, 2000, 23(2): 25-26.
- [13] Schramm W. Factors influencing seaweed responses to eutrophication: some results from EU-project EU-MAC. *Appl Phycol* [J], 1999, 11: 69-78.
- [14] Troell M, Hailing C, Nilsson A, et al. Integrated marine cultivation of *Gracilaria chilensis* and salmon cages for reduced environmental impact and increased economic output[J]. *Aquaculture*, 1997, 156: 45-61.
- [15] 杨宇峰, 宋金明, 林小涛, 等. 大型海藻栽培及其在近海环境的生态作用[J]. 海洋环境科学, 2005, 24(2): 772-780.
- [16] 方哲, 黄惠琴, 鲍时翔, 等. 异枝麒麟菜对海水中氮、磷吸收的初步研究[J]. 水产养殖, 2008, 6(4): 10-14.
- [17] 刘建国, 路克国, 林伟, 等. 温度、氮浓度和氮磷比对长心卡帕藻(*Kappaphycus alvarezii*) 吸收氮速率的影响, 2008, 39(5): 529-535.
- [18] 赵月华. 植株全磷测定方法[J]. 中外企业家, 2012(2): 64.
- [19] 冯美霞. 大型海藻对富营养海域的生物修复及对赤潮的防治[C]//中国环境科学学会. 中国环境科学学会学术年会论文集(第五卷). 北京: 中国环境科学学会, 2013: 3691-3695.
- [20] 陆亦恺. 大型海藻修复海洋污染的研究与应用动态[D]. 上海: 上海海事大学, 2010.
- [21] 李朝英, 郑路, 卢立华, 等. 测定植物全氮的 $\text{H}_2\text{SO}_4 - \text{H}_2\text{O}_2$ 消煮法改进[J]. 中国农学通报, 2014, 30(6): 159-162.
- [22] 戴建军, 王洪亮, 程岩. 测定植物样品全氮含量的 2 种方法比较[J]. 东北农业大学学报, 2000, 31(1): 36-38.

The Effects of N , P Concentrations of Sea Water on the N , P Absorption by *Betaphycus Gelatinum*

LI Yang^{1,2} , DUAN Zelin³ , HUANG Bo² , HUANG Xia² ,
LI Jun² , ZHAN Shaofen² , WANG Yali² , YU Shunan²

(1. Hainan Marine Monitoring and Forecasting Center , Haikou , Hainan 570101; 2. Ocean College , Hainan University , Haikou , Hainan 570228;
3. School of Life Sciences , East China Normal University , Shanghai 200241 , China)

Abstract: Sea water and *Betaphycus gelatinum* were collected in algae fields of Changjiang , Qionghai and Wen-chang , Hainan to determine the inorganic N , P content in both sea water and *B. gelatinum*. The correlationship of N and P content between the sea water and *B. gelatinum* was analyzed by using SPSS19 statistical software. The results showed that the seawater N and P contents in the algae fields were positively correlated with the N and P content of *B. gelatinum* , with the regression equation being $y = 0.0533x - 0.003$, $R^2 = 0.9225$, $P < 0.05$ for N content and $y = 2.9663x + 0.0229$, $R^2 = 0.8462$, $P < 0.05$ for P content. *B. gelatinum* was then cultured under laboratory conditions in sea water at different concentrations of inorganic N and P (5 , 10 , 15 , 20 , 25 , 30 , 35 , 40 $\mu\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$) to observe its absorption of inorganic N and P. The results show that *B. gelatinum* absorbed more inorganic N with the increase of seawater N concentration but the absorption decreased gradually when the seawater N concentration was higher than 40 $\mu\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$. *B. gelatinum* increased its absorption of inorganic P with the seawater P concentration , but the increase tended to be gentle when the seawater concentration was upto 1.5 $\mu\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$. *B. gelatinum* absorbed inorganic N from seawater selectively , preferentially $\text{NH}_4\text{-N}$, followed by $\text{NO}_3\text{-N}$ and $\text{NO}_2\text{-N}$ from the seawater of the same N concentration. Determination of the N and P content in *B. gelatinum* also showed that *B. gelatinum* could remove 15.33 ton of N and 73.33 ton of P per 1000 ton of algae from sea water in the algae fields.

Keywords: *Betaphycus gelatinum*; eutrophication; nitrogen; phosphorus; uptake rate